

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК ТАНТАЛА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО  
АНОДИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВЮ.В. Пилипенко, Н.А. Мухамбедярова

Научный руководитель: доцент, к.т.н. И. А. Чистоедова

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40,634050

E-mail: [julia.pilipenko97@mail.ru](mailto:julia.pilipenko97@mail.ru)OBTAINING OF TANTAL OXIDE FILMS BY METHOD OF ELECTROLYTIC ANODIZATION AND  
RESEARCH OF THEIR OPTICAL PARAMETERSJu.V. Pilipenko, N.A. Mukhambedyarova

Scientific Supervisor: Associate Professor, PhD I. A. Chistoyedova

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,

Russia, Tomsk, Lenin str., 40,634050

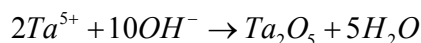
E-mail: [julia.pilipenko97@mail.ru](mailto:julia.pilipenko97@mail.ru)

**Abstract.** In this work researches of optical characteristics of the oxidic films of tantalum received by method of electrolytic anodizing have been conducted.

**Введение.** Эффективным и технологически простым методом синтеза наноструктурированных материалов с периодическим расположением нанопор на макроскопических поверхностях является процесс анодирования.

Наиболее подходящим материалом для создания нанопористых оксидных слоев является тантал. Тонкие пленки оксида тантала перспективны для применения во многих областях. В связи с низкими током утечки, высокой диэлектрической проницаемостью, относительно низкими диэлектрическими потерями и высокой диэлектрической прочностью. Низкое поглощение в оптическом диапазоне и достаточно высокий показатель преломления позволяют применять пленки  $Ta_2O_5$  для изготовления элементов интегральной оптики, оптоэлектроники, а также в качестве антиотражающих слоев в кремниевых солнечных батареях, просветляющих покрытиях для оптических деталей и др. [1-3].

Пленка окисла, образующаяся на Ta во время анодирования, является продуктом реакции:



Целью данной работы является исследование оптических параметров пленки оксида тантала, полученной методом электролитического анодирования.

**Материалы и методы исследования.** Методом ионно-плазменного распыления в вакуумной установке УВН-2М были изготовлены экспериментальные образцы пленок тантала, нанесенных на ситалловую подложку, имеющую размеры 6 × 4,8 см. Предварительно, образцы обжигались в вакууме в течение 30 минут. Пленку тантала напыляли в атмосфере Ag в течении 20 минут при напряжении  $U = 300$  В, ток разряда  $I = 200$  мА. Давление остаточных газов в вакуумной камере составило  $P = 6 \cdot 10^{-2}$  мм рт.ст.

Схема экспериментальной установки для электрохимического окисления поверхности Ta представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема экспериментальной установки для анодирования

Анодирование пленки Ta ( $d = 129$  нм,  $\rho_s = 18,6 \frac{\text{Ом}}{\text{см}}$ ) проводилось в электролитической ванне, заполненной водным раствором электролита, содержащем 1% - ый раствор лимонной кислоты  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ . В электролит помещался анод, которым является пленка тантала, а в качестве катода была использована серебряная пластина. Электрохимическое окисление проводилось при постоянном токе 6,8 мА, при напряжении 270 В и времени анодирования 2 минуты.

**Результаты.** Приведен микрорентгеноспектральный анализ образцов до анодирования и после на рисунке 2.

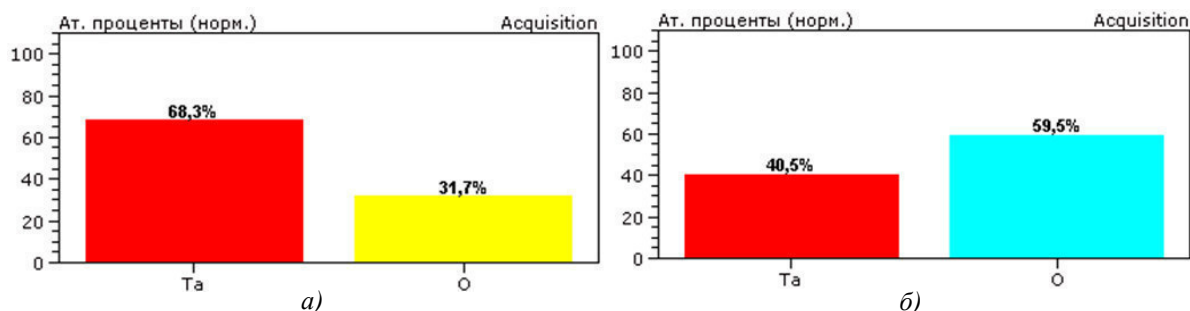


Рис. 2. Микрорентгеноспектральный анализ: а – до анодирования; б – после анодирования

Из полученного анализа видно, что до анодирования в составе пленки имеется содержание кислорода 31,7%, образовавшегося в результате напыления. После анодирования содержание кислорода увеличилось до 59,5%, а тантала уменьшилось до 40,5%. Это позволяет сделать вывод, что на подложке сформировалось покрытие  $\text{Ta}_x\text{O}_y$ .

Были сняты спектры отражения полученной окисной пленки тантала (1) с ИК Фурье-спектрометра «Инфралюм ФТ-801» и эталонного образца (2)  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

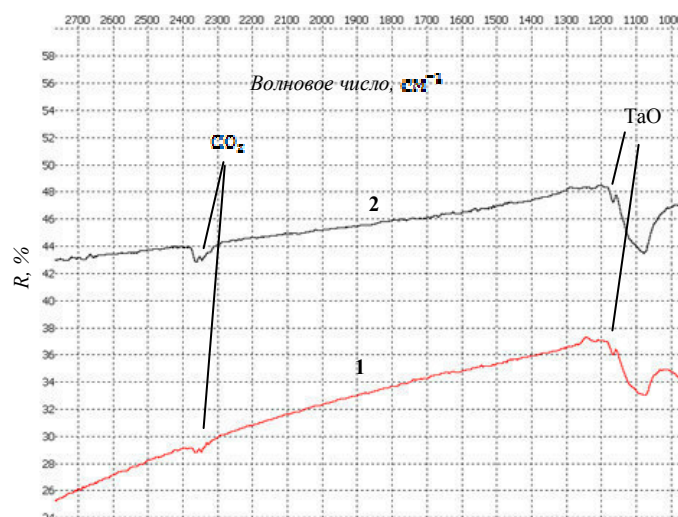


Рис. 3. Спектры отражения: 1 – окисной пленки Ta; 2 – эталонного образца  $Ta_2O_5$

С помощью спектрального эллипсометрического комплекса «Эллипс САГ 1891» были определены поляризационные углы  $\psi = 42,352$  и  $\Delta = 58,519$ . Толщина окисла составила  $d = 57,52$  нм.

Согласно результатам эллипсометрии показатель преломления исходного образца до анодирования составил  $n = 2,98$ , а после анодирования  $n = 1,88$  на длине волны  $\lambda_0 = 632,8$  нм. Уменьшение показателя преломления связано с наличием воздушных пор в структуре пленки.

Уменьшение коэффициента поглощения от длины волны до анодирования  $k = 2,24$ , а после анодирования  $k = 0,028$  свидетельствует о снижении поглощательной способности оксидной пленки.

По полученным результатам коэффициент отражения от длины волны до анодирования составил  $R = 58\%$ , а после анодирования  $R = 13,8\%$  относительно серебра. Следовательно, пленки могут быть использованы в качестве антиотражающих покрытий.

**Заключение.** Таким образом, оптические параметры пленки, полученной методом электролитического анодирования, зависят от технологических режимов анодирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исмаилов Т.А., Шангереева Б.А., Шахмаева А.Р. Способ получения тонких пленок ( $Ta_2O_5$ ) для интегральных схем // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2006. – Т. 1. – №1. – С. 48–51.
2. Бурмаков А.П., Кулешов В.Н. Магнетронное осаждение пленок оксида тантала с электретным зарядом // 8-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом». – 2009. – Т. 1. – №6. – С. 302–304.
3. Комлев А.Е., Бабинова Р.В., Шутова Е.С. Свойства плёнок оксинитрида тантала, осажденных методом реактивного магнетронного распыления металлической мишени // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения «INTERMATIC–2017». – 2017. – Т. 17. – №2. – С. 421–424.